Cahiers québécois de démographie

Modèle démographique polyvalent

Claude Dionne

Volume 8, numéro 3, décembre 1979

URI : https://id.erudit.org/iderudit/600802ar
DOI : https://doi.org/10.7202/600802ar

Aller au sommaire du numéro

Éditeur(s)

Association des démographes du Québec

ISSN

0380-1721 (imprimé)
1705-1495 (numérique)

Découvrir la revue

Citer cet article

Dionne, C. (1979). Modèle démographique polyvalent. *Cahiers québécois de démographie*, *8*(3), 139–155. https://doi.org/10.7202/600802ar

Résumé de l'article

Le modèle démographique polyvalent est une extension du modèle multirégional d'Andrei Rogers. On sait que ce modèle intègre la mobilité géographique au mouvement naturel. Si on étend le modèle à d'autres catégories ou états, on ne change pas fondamentalement le modèle; bien qu'il se présente des difficultés méthodologiques et des particularités, on peut se servir du même outillage matriciel.

C'est ainsi que nous développons au Bureau de la Statistique du Québec un modèle démographique polyvalent, ou si on préfère, un algorithme, permettant de considérer, outre l'âge et le sexe, une centaine de catégories. Que ce soit au moyen de tables ou d'opérateurs de projection, il sera possible d'envisager des combinaisons de phénomènes comme la fécondité (en utilisant par exemple des probabilités d'agrandissement des familles), la nuptialité, l'activité, la mobilité géographique, la fréquentation scolaire, la survie, etc. Loin d'être un simple modèle bouton, le modèle polyvalent obligera l'utilisateur à tenir compte des concepts de base de la démographie et à préciser ses hypothèses, en particulier dans le domaine des interférences entre phénomènes.

Cahiers québécois de démographie
Vol. 8, no 3, décembre 1979

Claude DIONNE*: MODÈLE DÉMOGRAPHIQUE POLYVALENT

(Communication présentée au 47e congrès de l'ACFAS, section de démographie, mai 1979)

RÉSUMÉ

Le modèle démographique polyvalent est une extension du modèle multirégional d'Andrei Rogers. On sait que ce modèle intègre la mobilité géographique au mouvement naturel. Si on étend le modèle à d'autres catégories ou états, on ne change pas fondamentalement le modèle; bien qu'il se présente des difficultés méthodologiques et des particularités, on peut se servir du même outillage matriciel.

C'est ainsi que nous développons au Bureau de la Statistique du Québec un modèle démographique polyvalent, ou si on préfère, un algorithme, permettant de considérer, outre l'âge et le sexe, une centaine de catégories. Que ce soit au moyen de tables ou d'opérateurs de projection, il sera possible d'envisager des combinaisons de phénomènes comme la fécondité (en utilisant par exemple des probabilités d'agrandissement des familles), la nuptialité, l'activité, la mobilité géographique, la fréquentation scolaire, la survie, etc. Loin d'être un simple modèle bouton, le modèle polyvalent obligera l'utilisateur à tenir compte des concepts de base de la démographie et à préciser ses hypothèses, en particulier dans le domaine des interférences entre phénomènes.

---

* Bureau de la Statistique du Québec, Ministère de l'Industrie et du Commerce, 710 Place d'Youville, 9e étage, Québec G1R 4Y4.

Cahiers québécois de démographie
Vol. 8, no 3, décembre 1979

MODÈLE DÉMOGRAPHIQUE POLYVALENT

Par Claude DIONNE*

Communication présentée au 47e congrès de l'ACFAS, section de démographie, mai 1979

Définition

Le modèle polyvalent est un modèle de base pouvant servir à l'étude de divers phénomènes démographiques et de leurs influences réciproques.

C'est une extension du modèle multirégional d'Andrei Rogers, où divers états d'ordre démographique peuvent être considérés comme des régions.

---

* Bureau de la Statistique du Québec, Ministère de l'Industrie et du Commerce, 710 Place d'Youville, 9e étage, Québec G1R 4Y4.

Le modèle multirégional intègre le mouvement naturel et la mobilité géographique interne. En supposant que nous ajoutions aux régions géographiques des sous-régions établies selon l'état matrimonial et le statut d'activité, le modèle ne s'en trouverait pas fondamentalement modifié. Il se présente évidemment des difficultés méthodologiques et des particularités, mais on peut se servir du même outillage matriciel que dans le modèle multirégional. On en donnera des exemples en annexe.

Avant d'aller plus loin, demandons-nous quels sont les buts visés par un modèle polyvalent.

Buts du modèle

Notons que, dans un premier temps, l'exercice vise à élaborer un modèle qui soit utile à court terme. Par moments, on pourra préférer l'utilisation de mesures imparfaites aux longs raffinements méthodologiques si ceux-ci retardent la venue des résultats sans y apporter de modifications importantes. Toutefois, le modèle pourra s'affiner avec le temps.

Les buts prioritaires sont donc:

1) Mesurer rapidement et concrètement les effets des modifications des comportements démographiques et leurs influences sur les phénomènes démographiques:
   - en termes d'effectifs ou d'événements (naissances, décès);
   - en termes de propension ou de comportement (tables);
   - en termes de répartition ou de structure.

2) Effectuer des perspectives de plus en plus spécialisées:
   - au niveau régional;
   - au niveau des caractéristiques socio-démographiques ou démo-économiques.

Les deux premiers usages projetés sont donc à relier aux politiques de population et aux prévisions démographiques. Dans cette optique, le modèle polyvalent peut être considéré comme un modèle de simulation.

Les deux premiers buts, qui sont d'ordre pratique, nous obligeront à nous tourner vers des analyses de démographie pure, c'est-à-dire des analyses plus spécialisées. A leur tour, ces analyses pourront améliorer les aspects pratiques du modèle et y ajouter de nouveaux éléments. On en vient ainsi à identifier deux autres buts qui sont:

3) Etudier les interinfluences structurelles des phénomènes démographiques. Il s'agit d'étudier le processus par lequel la variation d'une certaine mesure peut se répercuter sur d'autres mesures. Par exemple, on peut se demander comment, les fécondités légitimes et illégitimes demeurant constantes, une modification de l'intensité et du calendrier de la nuptialité influera sur les taux de fécondité générale.

4) Etudier les influences réciproques des phénomènes démographiques au niveau des propensions ou des comportements. Le but est ici d'étudier les interférences de comportement; comment, par exemple, une modification de l'activité féminine influe sur la fécondité (et inversement); ou encore, comment un changement dans la nuptialité influe sur la fécondité légitime.

Ces usages du modèle nous amèneront à réévaluer le modèle lui-même. De plus, nous serons incités à améliorer diverses mesures démographiques, surtout dans le domaine des interférences. Donc, nous pouvons assigner un but formel ou méthodologique au modèle:

5) Améliorer et développer des mesures qui rendront bien compte des phénomènes démographiques, surtout dans le domaine de l'intégration des phénomènes démographiques.

Le modèle démographique polyvalent aura donc cinq usages: en termes de politique de population, évaluer les effets de mesures incitatives ou préventives; en termes de prévisions, arriver à des perspectives spécialisées; mesurer les influences de structure entre phénomènes; en termes d'analyse de comportement, mesurer les influences réciproques des phénomènes; enfin, reconsidérer les aspects formels ou mathématiques pour cerner les interférences.

Description générale

Le modèle se présentera selon deux formes principales: sous forme de tables multirégionales ou sous forme de matrices multirégionales de projection ou de croissance (projection ne veut pas dire nécessairement prévision).

Les tables multirégionales (on pourrait dire multidimensionnelles) consistent à suivre une génération ou une cohorte selon tous les déplacements que les individus font entre les régions ou les catégories retenues. Tout comme une table classique, la table multirégionale peut s'appliquer à une cohorte fictive. Nous présenterons en annexe une table de nuptialité analogue à une table de survie. Les tables polyvalentes permettent de combiner plusieurs phénomènes démographiques du fait qu'elles considèrent les entrées et les sorties. Ces tables sont composées de matrices de probabilités de passage d'une catégorie "i" à une catégorie "j". La catégorie mortalité exclut automatiquement les personnes qui la subissent. En pratique on fera la table en perspectif (les âges en années révolues) de sorte que les matrices de probabilités pourront servir telles quelles au modèle de projection.

On pourra tenir compte dans les tables de la combinaison de plusieurs des phénomènes suivants:

- Survie (n'augmente pas la dimension des matrices);
- Mobilité géographique interne: dix régions ou moins;

- Fréquentation scolaire à temps complet: nombre de catégories à préciser;
- Activité: deux catégories, éventuellement plus;
- Nuptialité: quatre catégories;
- Fécondité (probabilités d'agrandissement des familles): six catégories.

Pour un âge donné et un sexe, il faudra se limiter à une centaine de catégories; par exemple, si on retient dix régions géographiques, deux catégories d'activité et quatre catégories de nuptialité, on aura 10 X 2 X 4 = 80 catégories, ce qui est admissible (la survie est toujours intégrée à la table).

Les matrices de projection ou de croissance considèrent en plus le renouvellement naturel de la population, c'est-à-dire qu'elles intègrent la fécondité. Une matrice de projection est un opérateur qui fait passer une population classée selon ses catégories au temps t à la population selon les mêmes catégories au temps $t+1$. La population est donnée sous forme de vecteur.

Il est à noter que si l'on se contente de taux de fécondité par âge classés selon les catégories données pour la table, on n'ajoute pas aux dimensions des matrices à un âge donné (on ajoute des matrices de même dimension), de sorte que les limites de catégories données plus haut tiennent toujours. Toutefois, si la fécondité ajoute de nouvelles classes (par exemple des intervalles de naissances), il faudra probablement sacrifier d'autres catégories. On trouvera en annexe une matrice simplifiée de projection classant les femmes selon le nombre d'enfants déjà nés et utilisant des probabilités d'agrandissement des familles.

Difficultés méthodologiques

Il est facile de lancer des projets si on fait abstraction de leur praticabilité. Il ne faut pas se faire d'illusions; il faudra résoudre plusieurs difficultés et faire même des concessions sur la précision ou la "pureté" du modèle. On peut déjà entrevoir les problèmes auxquels il faudra faire face.

Les difficultés relatives au macromodèle seront les plus faciles à résoudre (j'exclus ici les problèmes d'informatique). Pour qui connaît bien le modèle multirégional et a une certaine expérience du calcul matriciel, il s'agit d'arriver à des agencements conformes à la logique du déroulement des processus démographiques. Certes, le modèle demandera toujours que la logique des phénomènes soit bien cernée et les hypothèses bien précisées; c'est justement là un de ses principaux avantages.

Les difficultés les plus grandes se retrouveront surtout au niveau des mesures élémentaires qui entrent dans le modèle (les éléments des matrices), soit que les données disponibles manquent ou ne se présentent pas comme souhaitées, soit que la méthodologie réussisse mal à transformer les mesures de façon qu'elles s'intègrent bien dans le modèle.

On essaiera de suppléer à l'insuffisance des données de diverses façons:

- par des demandes spéciales: par exemple, pour établir des probabilités de passage entre activité et inactivité, on peut proposer une question spécifique à ce sujet dans l'enquête sur la population active;
- par des transformations de données déjà disponibles: par exemple, des migrants quinquennaux peuvent servir à estimer des migrants annuels, à condition d'apporter certaines corrections (voir annexe III);
- par des estimations indirectes: ce serait le cas des migrations interprovinciales annuelles estimées à l'aide des changements d'adresses pour le versement d'allocations familiales;
- par la formulation d'hypothèses: en l'absence de toute sour-

ce de données, des hypothèses peuvent contribuer à évaluer les effets d'un phénomène.

Les difficultés méthodologiques concernent surtout l'établissement de probabilités de passage d'une catégorie à l'autre. Notons les problèmes suivants:

- les interférences entre phénomènes démographiques différents: il s'agit de problèmes classiques en démographie, comme par exemple l'interférence entre mortalité et migration. La plupart de ces cas seront réglés par des méthodes estimatives courantes, par exemple en utilisant des taux calculés sur la population moyenne;
- la multiplicité des événements renouvelables au cours d'un même intervalle: comment calculer des probabilités quinquennales de migrer de "i" à "j" si on dispose d'événements migratoires, qui peuvent correspondre à des événements multiples au cours de la période[1];
- la désagrégation temporelle de probabilités ou de changements d'états: le recensement peut nous fournir la mobilité des personnes en "j" en 1976 étant en "i" en 1971; cette mobilité quinquennale peut être ramenée en mobilité annuelle selon certaines conditions (voir annexe III).

Les difficultés d'ordre méthodologique sont importantes, mais l'application du modèle fera ressortir aussi les besoins en analyse, surtout lorsque nous combinerons les phénomènes démographiques; comment supposer par exemple l'indépendance entre la nuptialité et la mobilité? C'est ainsi que le nombre d'hypothèses sur les comportements fera ressortir les lacunes en analyse démographique.

---

(1) Voir: Rogers, Andrei and Jacques Ledent,"Increment - Decrement Life Tables: A Comment", in Demography, Volume 13, numéro 2, May 1976; pp. 287-290.

Travaux d'analyse requis

Le modèle utilise des probabilités de passage d'une région à l'autre ou d'une catégorie à l'autre ainsi que des mesures de renouvellement de population (comme des taux de fécondité). Il est évident que plus on utilisera d'analyses spécifiques des phénomènes, plus on enrichira l'application du modèle. On peut appliquer par exemple la même mobilité géographique aux actifs et aux inactifs (c'est au fond ce qu'on fait quand on ne s'occupe pas de l'activité); mais une analyse spécifique de la mobilité des actifs et des inactifs améliorera grandement l'utilisation du modèle.

Ainsi, il deviendra pour nous nécessaire de faire appel à une collaboration extérieure, tant gouvernementale qu'universitaire, pour enrichir le modèle. Il s'agit quelquefois de s'entendre sur une forme de présentation des résultats pour que ces derniers soient utilisables. On commandera tout probablement des études spécifiques à l'extérieur. Le modèle polyvalent est un modèle qui rend praticable la combinaison de plusieurs processus; mais il vaudra pour autant que les analyses de ces processus soient de qualité.

Conclusion

Le présent article a esquissé ce que peut être le modèle démographique polyvalent, sans trop insister sur sa présentation mathématique. Le modèle n'est actuellement que sous la forme de projet. A quand sa réalisation?

Il n'est sans doute pas trop optimiste de prévoir appliquer un modèle d'ensemble à partir des résultats du recensement de 1981. Entre-temps, nous disposerons de programmes pouvant combiner certains phénomènes. Nous disposerons très bientôt d'un programme de projection multirégionale de population, avec certaines routines intéressantes. Il n'y a sans doute aucune objection à ce que notre programmation soit diffusée aux utilisateurs sérieux. De plus, avec un personnel suffisant, le Service pourrait répondre à des demandes spécifiques pour lesquelles le modèle conviendrait; en particulier des catégories nouvelles (par exemple langues maternelle et d'usage) pourraient être intégrées au modèle ou en remplacer d'autres pour les besoins de la cause. Nous visons avant tout un modèle utile, tant pour le démographe que pour l'usager de données démographiques.

ANNEXE I

ÉLÉMENTS D'UNE TABLE FÉMININE DE NUPTIALITÉ SELON LE MODÈLE MULTIRÉGIONAL

Catégories ou états:

Célibataire : 1
Mariée : 2
Divorcée : 3
Veuve : 4

s_{ix} : taux de survie des personnes de l'état "i" à l'âge x.

m_{ij} : probabilité qu'une personne de l'état "i" en début de période se retrouve dans l'état "j" en fin de période(1).

Matrice de nuptialité sans mortalité:

$$M = \begin{array}{c c} & \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \\ \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{array} & \begin{bmatrix} m_{11} & 0 & 0 & 0 \\ m_{12} & m_{22} & m_{32} & m_{42} \\ m_{13} & m_{23} & m_{33} & m_{43} \\ m_{14} & m_{24} & m_{34} & m_{44} \end{bmatrix} \end{array}$$

On peut établir une matrice correspondante des probabilités qu'étant dans l'état "i" en début de période, on survive dans l'état "j" en fin de période.

Ainsi, on établit une matrice "P" telle que:

$$P = M \ S$$

où $$S = \begin{bmatrix} s_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & s_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & s_4 \end{bmatrix}$$

(1) C'est ainsi que l'on peut passer de l'état de célibat en début de période à l'état de divorcé en fin de période; on voit ici qu'il faut prévoir la multiplicité possible des événements.

La matrice "P" se présente comme la matrice M, sauf que l'on multiplie chaque m_{ij} par s_i, le taux de survie de l'état de début de période.

Si on définit maintenant un vecteur colonne de population X:

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} \qquad \text{(les indices correspondent aux états matrimoniaux)}$$

On peut suivre la population aux divers âges:

$$X_{16} = P_{15}X_{15}$$

$$X_{17} = P_{16}X_{16} = P_{16}P_{15}X_{15}$$

$$X_x = P_{x-1}P_{x-2} \cdots P_{16}P_{15}X_{15}$$

Note: Les éléments des matrices peuvent être remplacés par des blocs matriciels si on considère en même temps la mobilité géographique.

ANNEXE II

MATRICE DE PROJECTION UTILISANT LES PROBABILITÉS D'AGRANDISSEMENT DES FAMILLES

Définition des symboles:

s_x : taux de survie entre l'âge x et l'âge x + 1

s_n : taux de survie entre la naissance et l'âge 0 (année révolue)

p_{1x} : probabilité pour une femme d'âge x sans enfant d'avoir un premier enfant

p_{2x} : probabilité pour une femme d'âge x ayant un enfant d'avoir un deuxième enfant

k : proportion des naissances féminines parmi les naissances totales

y_{ix} : effectif des femmes d'âge x ayant donné naissance à "i" enfants

Remarque: Les éléments de la matrice et du vecteur de population peuvent être remplacés par des matrices tenant compte de la mobilité interrégionale.

MATRICE DE PROJECTION BASÉE SUR LES PROBABILITÉS D'AGRANDISSEMENT DES FAMILLES

$$
\begin{bmatrix}
0 & 0 & \cdot & s_n k p_{1\,15} & s_n k p_{1\,16} & s_n k p_{2\,16} & s_n k p_{1\,17} & s_n k p_{2\,17} & s_n k p_{3\,17} & s_n k p_{1\,18} & \cdot \\
s_0 & 0 & \cdot & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot \\
0 & s_1 & \cdot & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
0 & 0 & \cdot & s_{15}(1-p_{1\,15}) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot \\
0 & 0 & \cdot & s_{15} p_{1\,15} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot \\
0 & 0 & \cdot & 0 & s_{16}(1-p_{1\,16}) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot \\
0 & 0 & \cdot & 0 & s_{16} p_{1\,16} & s_{16}(1-p_{2\,16}) & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot \\
0 & 0 & \cdot & 0 & 0 & s_{16} p_{2\,16} & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot \\
0 & 0 & \cdot & 0 & 0 & 0 & s_{17}(1-p_{1\,17}) & 0 & 0 & 0 & \cdot \\
0 & 0 & \cdot & 0 & 0 & 0 & s_{17} p_{1\,17} & s_{17}(1-p_{2\,17}) & 0 & 0 & \cdot \\
0 & 0 & \cdot & 0 & 0 & 0 & 0 & s_{17} p_{2\,17} & s_{17}(1-p_{3\,17}) & 0 & \cdot \\
0 & 0 & \cdot & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & s_{17} p_{3\,17} & 0 & \cdot \\
0 & 0 & \cdot & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & s_{18}(1-p_{1\,18}) & \cdot \\
\cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot
\end{bmatrix}
\begin{bmatrix}
y_{0\,1} \\ y_{0\,2} \\ \cdot \\ y_{0\,15} \\ y_{0\,16} \\ y_{1\,16} \\ y_{0\,17} \\ y_{1\,17} \\ y_{2\,17} \\ y_{0\,18} \\ y_{1\,18} \\ y_{2\,18} \\ y_{3\,18} \\ \cdot \\ \cdot
\end{bmatrix}
$$

ANNEXE III

DÉSAGRÉGATION TEMPORELLE D'UNE MATRICE DE MOBILITÉ

Le recensement canadien fournit des données migratoires permettant de construire des matrices de mobilité portant sur une période de cinq ans. Il arrive souvent que l'on doive considérer les mouvements de population par périodes annuelles. Il faut alors désagréger chaque matrice de mobilité quinquennale en matrices de mobilité annuelle. Or, la période de référence influe sur le concept même d'une migration ou d'un migrant. On ne pourrait, par exemple, se contenter d'assimiler à un nombre annuel de migrants le cinquième du nombre de migrants observés au cours d'une période quinquennale. En effet, certains mouvements migratoires de courte durée échappent à une observation effectuée sur une période quinquennale.

On pourrait construire une matrice annuelle en tenant compte de tous les vecteurs et racines caractéristiques de la matrice quinquennale. Mais la méthode basée sur la décomposition spectrale requiert des calculs très lourds. Nous proposons ci-après une méthode plus simple.

Soit M, une matrice de mobilité quinquennale, P_1 à P_5, les matrices de mobilité annuelle correspondantes de la même période, et I la matrice unité. Les matrices P sont telles que leur multiplication doit résulter en M. Il est important de noter que "n" migrants quinquennaux impliquent plus de "n" migrants annuels, car une migration quinquennale peut résulter de plusieurs migrations annuelles. Ainsi, $(1/5\ M + 4/5\ I)^5$ donnerait une mobilité quinquennale plus faible que la matrice de mobilité M. Toutefois, tout en admettant la multiplicité des migrations annuelles, on peut supposer que les migrations définitives se répartissent également sur les années. On pourra ainsi définir les matrices annuelles suivantes:

$$P_1 = 1/5\ M + 4/5\ I$$

$$P_2 = (2M + 3I)\ (M + 4I)^{-1}$$

$$P_3 = (3M + 2I)\ (2M + 3I)^{-1}$$

$$P_4 = (4M + I)\ (3M + 2I)^{-1}$$

$$P_5 = 5M\ (4M + I)^{-1}$$

Avec une telle définition, nous constatons que, par exemple, durant les deux premières périodes, surviendront les 2/5 des migrations définitives:

$$P_2P_1 = (2M + 3I)\ (M + 4I)^{-1}\ (M + 4I)\ 1/5 = (2/5\ M + 3/5\ I)$$

On pourra vérifier de plus que:

$$P_5P_4P_3P_2P_1 = M$$

Notre formule de désagrégation temporelle implique un inconvénient: nous nous trouvons à faire augmenter l'intensité de la mobilité avec les années d'âge au cours d'un intervalle quinquennal. Or après un certain âge (mettons après 35 ans chez les hommes), la mobilité commence à décroître. On peut corriger la tendance en employant des moyennes mobiles de matrices de façon à tenir compte des groupes d'âges voisins. Par exemple, on pourrait définir ainsi une matrice particulière:

$$P_9 = 0{,}1\ P_7 + 0{,}2\ P_8 + 0{,}4\ P_9 + 0{,}2\ P_{10} + 0{,}1\ P_{11}$$

On peut également procéder à un lissage en plusieurs itérations ou considérer un plus grand nombre de matrices P. L'important, c'est d'arriver à une estimation de matrices annuelles qui ne soient pas systématiquement biaisées et qui tiennent compte de la multiplicité des mouvements migratoires.